

„Ízesítő” a permi Bodai Agyagkő Formáció őskörnyezeti rekonstrukciójához: kősó utáni pszeudomorfózák a BAT–4 fúrás agyagkőmintáiban

MÁTHÉ Zoltán¹, VARGA Andrea²

¹Mecsekérc Környezetvédelmi Zrt. 7633 Pécs, Esztergár L. u. 19. Pf.: 121., e-mail: mathezoltan@mecsekerc.hu

²Pécsi Tudományegyetem TTK Földrajzi Intézet Földtani Tanszék, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6., e-mail: andrea.varga.geol@gmail.com

Összefoglalás

A BAT–4 fúrásban a Bodai Agyagkő Formáció agyagkőmintáinak petrográfiai mikroszkópos vizsgálata során a vörös, agyagos–hematitos alapanyagban négyzet, négyágú csillag, illetve háromszög metszetű, uralkodóan pátos karbonát (kalcit vagy dolomit) egykristályokból álló kitöltéseket figyeltünk meg. Morfológiájuk alapján ezek a pszeudomorfózák korábbi kősó vázkristályok („hopper” halit, „pagoda” halit) utáni helyettesítésként értelmezhetők, amelyek az intenzív bepárlódás és a korai diagenetikus kősókiválás bizonyítékai a laza üledékben a sós iszaplapályon.

Tárgyszavak: halit vázkristály, sós iszaplapály, korai diagenézis, középső-perm, Mecsek

Rövid közlemény

„Ízesítő” a permi Bodai Agyagkő Formáció őskörnyezeti rekonstrukciójához: kősó utáni pszeudomorfózák a BAT–4 fúrás agyagkőmintáiban

MÁTHÉ Zoltán¹ – VARGA Andrea²

¹Mecsekérc Környezetvédelmi Zrt. 7633 Pécs, Esztergár L. u. 19. Pf.: 121. e-mail: mathezoltan@mecsekerc.hu

²Pécsi Tudományegyetem TTK Földrajzi Intézet Földtani Tanszék, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6., e-mail:
andrea.varga.geol@gmail.com

Összefoglalás

A BAT–4 fúrásban a Bodai Agyagkő Formáció agyagkőmintáinak petrográfiai mikroszkópos vizsgálata során a vörös, agyagos–hematitos alapanyagban négyzet, négyágú csillag, illetve háromszög metszetű, uralkodóan pátos karbonát (kalcit vagy dolomit) egykristályokból álló kitöltéseket figyeltünk meg. Morfológiájuk alapján ezek a pszeudomorfózák korábbi kősó vázkristályok („hopper” halit, „pagoda” halit) utáni helyettesítésként értelmezhetők, amelyek az intenzív bepárlódás és a korai diagenetikus kősókiválás bizonyítékai a laza üledékben a sós iszaplapályon.

Tárgyszavak: halit vázkristály, sós iszaplapály, korai diagenézis, középső-perm, Mecsek

Bevezetés

A hazai földtani kutatás elmúlt 25 évében kiemelt szerepet kapott a Bodai Agyagkő Formáció (a Magyar Rétegtani Bizottság Paleozoos Albizottsága által 2011-ben jóváhagyott név, azonos a korábbi Bodai Aleurolit Formációval; BAF) részletes vizsgálata. Jelentőségét az adja, hogy – az eddigi vizsgálatok szerint – ez egy potenciális képződmény a magyarországi radioaktív hulladékok tárolására kialakított mélységi geológiai tároló befogadására (MÁTHÉ 1998; ÁRKAI et al. 2000; KONRÁD et al. 2010).

A lezárult kutatási fázisok keretében nagyszámú, a BAF felszíni elterjedési területéről, az archív és a kutatási program során mélyített fúrások, valamint az Alfa-1 vágat harántolásaiból származó minta vizsgálatára került sor. A kutatási programokat lezáró zárójelentésekben önálló fejezetek foglalják össze az ásvány–közettani és a geokémiai adatokat (pl. MÁTHÉ 1998), valamint ezekből több publikáció is megjelent (DEMÉNY et al. 1996; ÁRKAI et al., 2000; VARGA et al. 2006; KONRÁD et al. 2010; SIPOS et al. 2010).

A formációra jellemző uralkodó szín a vörösbarna; kőzetanyagában makroszkóposan agyagkő, aleurolit, homokkő és dolomit fő kőzettípusok különböztethetők meg, az agyagkő dominanciájával (MÁTHÉ 1998). Az eddig rendelkezésre álló ásvány–közettani, geokémiai és szedimentológiai adatok alapján a BAF kőzetei arid–szemiarid klímán, playa környezetben képződött üledékek (ÁRKAI et al., 2000; KONRÁD et al. 2010). Szedimentológiai vizsgálati eredményekre hivatkozva KONRÁD et al. (2010) kiemelik, hogy a BAF kőzetegyüttesének jelentős része szoros értelemben véve nem tavi üledék, mint azt korábban széles körben feltételezték, hanem playa-iszaplapályt („*playa mudflat*”) képvisel.

Petrográfiai vizsgálatunk során az 1991-ben mélyült BAT–4 fúrás („Bodai Aleurolit Tároló”; 1200 m mélységű magfúrás, ami 660 m vastagságban harántolta a BAF-ot, fekvőjét azonban nem érte el; 1. ábra) agyagkőmintáiban kősó (halit) utáni pszeudomorfózákat figyeltünk meg; ezek jellemzése és értelmezése kiemelkedő jelentőségű a terület öskörnyezeti és diagenezis-történeti rekonstrukciójában.

Kősó vázkristályok: az intenzív bepárlódás bizonyítékai a sós iszaplapályon

A BAT–4 fúrásban a Bodai Agyagkő Formáció agyagkőmintáinak petrográfiai vizsgálata során a vörös, agyagos–hematitos alapanyagban többnyire véletlenszerűen elhelyezkedő, parányi (átlagosan 100–200 μm -es), jellegzetes alakú (négyzet, négyágú csillag, illetve háromszög metszetű), uralkodóan a kalcit sorhoz tartozó pátos karbonát (kalcit vagy dolomit; megkülönböztetésük optikai módszerekkel bizonytalan) egykristályokból álló kitöltéseket figyeltünk meg. Kivételes esetekben a csillagszerű pát ágai pagodaszerűek (2. ábra). Egy nagyobb kristályaggregátumban a páttal lépcsős metszetű határfelület mentén érintkezve albitkristályokból álló kitöltés figyelhető meg, amelyben a mátrixszal érintkező részen albitlécek, majd nagyobb xenomorf kristályok különíthetők el (2. ábra, C és D).

Morfológiájuk alapján ezek az izolált pszeudomorfózák és kristályaggregátumok korábbi kősókristályok utáni helyettesítésként értelmezhetők (READING 1985; PAIK & KIM 2006; WARREN 2006). A felszínhez közeli régióban, a laza üledéken belül (kiszorítással) a gyors növekedés következtében bemélyedt lapú kősó vázkristályok („hopper” halit) keletkeznek (READING 1985). A kockalapok éleire és különösen a sarkokra jellemző kiugróan gyors növekedés jellegzetes négyágú vázkristályokat („pagoda” halit) eredményez (3. ábra). A bemélyedt lapú kősókristályok általában az üledék betemetődés-történetének igen korai stádiumában képződnek, közvetlenül az üledék/levegő határfelület alatt, ahol a gyors evaporáció következtében túltelített a pórusoldat (READING 1985). A kiszorításos kősó vázkristályok megjelenése sós felszín alatti vizeket tükröz (BENISON & GOLDSTEIN 2000),

továbbá a kis sóstavakhoz (*saline pan*) kapcsolódó sós iszaplapály (*saline mudflat*) szárazulati kitettségű finomszemcsés üledékeinek egyik jellemzője (READING 1985; BENISON & GOLDSTEIN 2000; PAIK & KIM 2006). Annak ellenére, hogy a BAF kőzetanyagából eddig elsődleges evaporitásványok nem kerültek elő, a bemutatott pszeudomorfózák egyértelmű bizonyítékai az egykori kőszikiválásnak, továbbá az ezt előidéző intenzív bepárlódásnak.

Feltételezésünk szerint a szárazulati periódusban az üledéken belül képződött kősó vázkristályok a nedves periódust kísérő elöntés következtében többnyire visszaoldódtak. Az ezek helyén keletkezett, gyakran homorú falú pórusokat és üregeket – a különböző mértékű korai kompaktációt és deformációt követően – általában karbonát és albit (\pm anhidrit) cementálta, ami nem tette lehetővé a jellegzetes vázkristály-morfológia megőrződését (2. ábra, F). Kivételes esetben azonban a kősó vázkristályt korai karbonátpát helyettesítette (visszaoldódás/kicsapódás mechanizmust követve), ami tökéletesen megőrizte az eredeti kristályformát. A bemutatott nagyobb kristályaggregátumon megfigyelhető, mátrixszal kitöltött oldódási üregek azt sugallják (2. ábra, C), hogy a kősó visszaoldódását kísérő korai karbonáthelyettesítés részleges volt, azt a kősó teljes visszaoldódását követően keletkezett pórusokban albit cementációja követte.

Kontinentális környezetben a pórusvízben koncentrálódó ionok a folyókból és a felszín alatti vizekből származnak; mennyiségüket és összetételüket zárt hidrológiai rendszer esetén a vízgyűjtőterület litológiai felépítése határozza meg (WARREN 2006, 2010). Evaporitokat (különösen kősót) tartalmazó fosszilis rétegsorok esetén azonban nehéz az esetleges tengeri hatás (pl. hibrid, azaz kevert tengeri/kontinentális pórusvíz) kizárása (BENISON & GOLDSTEIN 2000). A sós pórusvíz eredete szempontjából az üledékes kőzet, illetve az agyagásványok (döntően az illit) megnövekedett börtartalma a tengeri környezet geokémiai indikátora lehet (HARDER 1970; BALOGH 1991; LEGRER et al. 2011). A BAT-4 fúrás agyagkőmintáiban a B koncentrációja maximálisan 310–430 ppm, amihez 30–100 ppm Cl-tartalom társul (PGAA – prompt gamma aktivációs analízissel meghatározva; MÁTHÉ & GMÉLING 2004, publikálatlan adatok). Ez meghaladja a tengeri üledékekre jellemző értéket (~100 ppm; HARDER 1970), azonban – figyelembe véve a BAF forrásterületén feltételezett jelentős mennyiségű savanyú vulkáni kőzetanyagot (VARGA et al. 2006) – nem jelent közvetlen tengeri hatást. A viszonylag jelentős B-tartalom a megnövekedett paleoszalinitás független bizonyítéka lehet, alátámasztva a kősó vázkristályok alapján feltételezett sóstavi környezetet. A sós pórusvíz eredetének pontosításához további geokémiai vizsgálatok szükségesek.

Eredményünk felhívja a figyelmet arra, hogy a BAF egyes szelvényeinek a kontinentális playa-rendszeren belüli öskörnyezeti rekonstrukciója és – ennek megfelelően – az üledékképződési modell pontosítása csak szisztematikus, a mikroszöveti megfigyelésekre és a diagenetikus folyamatokra is kiterő petrográfiai vizsgálat alapján elkülönített litofáciesek és fáciesasszociációk segítségével valósítható meg.

Köszönetnyilvánítás

Ez a munka az ELTE Földtudományi Doktori Iskola Földtan–Geofizika Doktori Programja (Kőzettani–Geokémiai Tanszék; MZ) és az OTKA PD 83511 sz. téma keretein belül (VA), a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával (VA), valamint a Mecsekérc Zrt. engedélyével készült. A szerzők köszönetet mondanak CSÁSZÁR Gézának és KONRÁD Gyulának hasznos tanácsaikért.

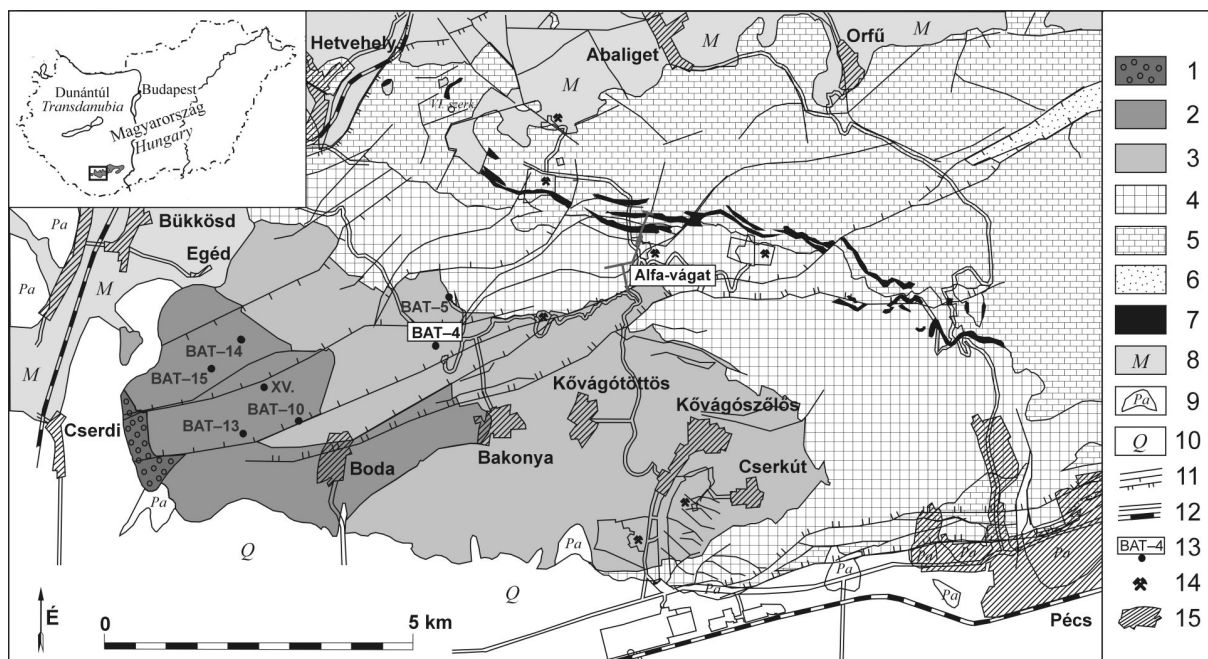
Irodalom

ÁRKAI, P., BALOGH, K., DEMÉNY, A., FÓRIZS, I., NAGY, G. & MÁTHÉ, Z. 2000: Composition, diagenetic and post-diagenetic alterations of a possible radioactive waste repository

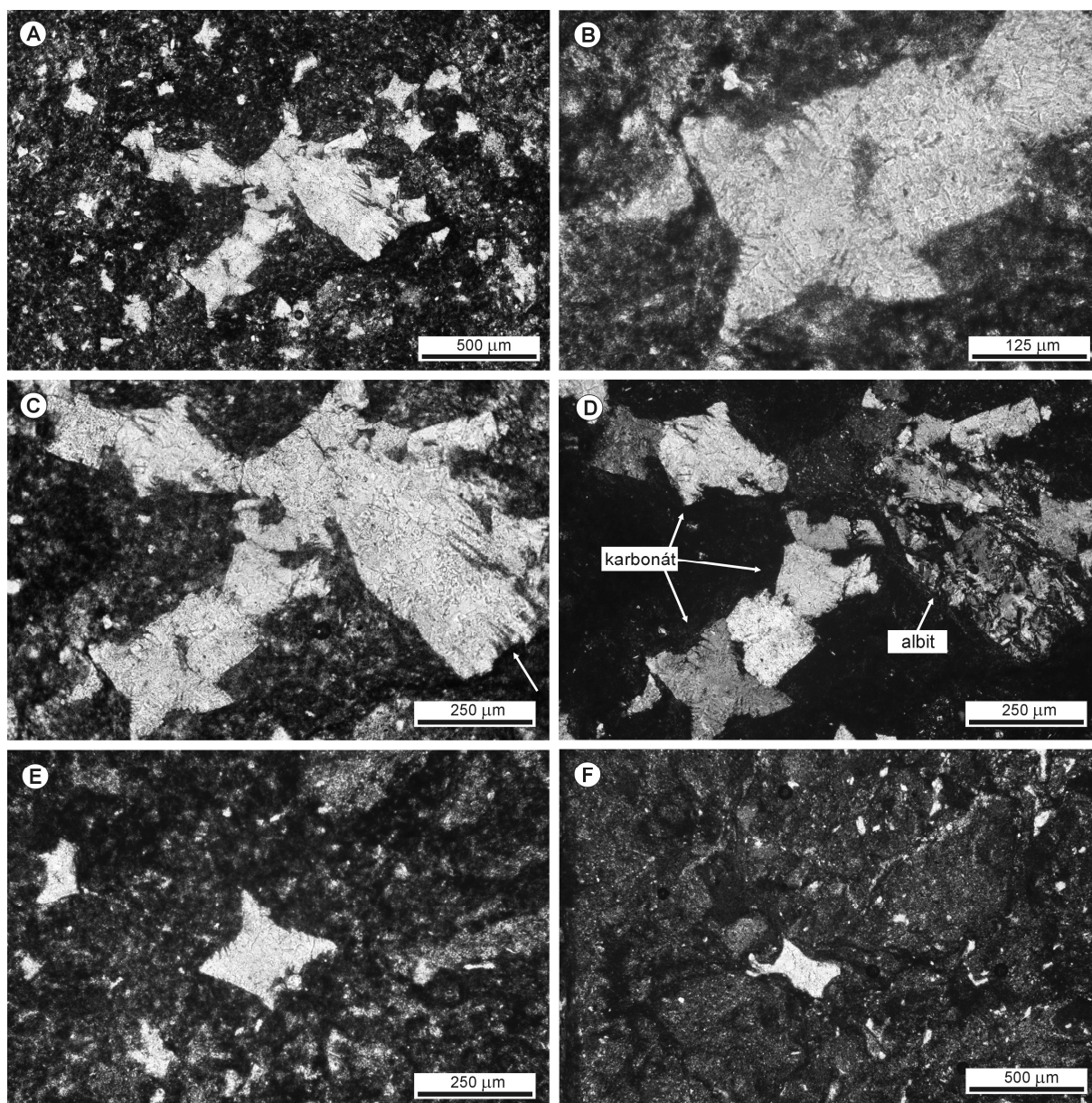
- site: the Boda Albitic Claystone Formation, southern Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* **43/4**, 351–378.
- BALOGH K. (szerk.) 1991: Szedimentológia II. kötet. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 356 p.
- BENISON, K. C. & GOLDSTEIN, R. H. 2000: Sedimentology of ancient saline pans: an example from the Permian Opeche Shale, Williston Basin, North Dakota, U.S.A. – *Journal of Sedimentary Research* **70/1**, 159–169.
- DEMÉNY, A., FÓRIZS, I. & MÁTHÉ, Z. 1996: A Preliminary Stable Isotope Study on a Potencial Radioactive Waste Repository Site in the Mecsek Mountains, Southern Hungary. – *Rapid Communications in Mass Spectrometry* **10**, 1415–1417.
- HARDER, H. 1970: Boron content of sediments as a tool in facies analysis. – *Sedimentary Geology* **4**, 153–175.
- KONRÁD, GY., SEBE, K., HALÁSZ, A. & BABINSZKI, E. 2010: Sedimentology of a Permian playa lake: the Boda Claystone Formation, Hungary. – *Geologos* **16/1**, 27–41.
- LEGRER, B., SCHNEIDER, J. W., GEBHARDT, U., MERTEN, D. & GAUPP, R. 2011: Lake deposits of moderate salinity as sensitive indicators of lake level fluctuations: Example from the Upper Rotliegend saline lake (Middle–Late Permian, Northeast Germany). – *Sedimentary Geology* **234**, 56–69.
- MÁTHÉ Z. (szerk.) 1998: A Bodai Aleurolit Formáció minősítésének rövidtávú programja, Kutatási zárójelentés 4. kötet, Ásvány-kőzettani, közetgeokémiai és izotóptranszport vizsgálatok. – Kutatási jelentés, Mecsekérc Környezetvédelmi ZRt. Adattára, Pécs, 76 p. (+ mellékletek)
- PAIK, I. S. & KIM, H. J. 2006: Playa lake and sheetflood deposits of the Upper Cretaceous Jindong Formation, Korea: Occurrences and palaeoenvironments. – *Sedimentary Geology* **187**, 83–103.
- READING, H. G. 1985: Sedimentary Environments and Facies, Blackwell Scientific Publications, Oxford, Second Edition, 615 p.
- SIPOS, P., NÉMETH, T. & MÁTHÉ, Z. 2010: Preliminary results on the Co, Sr and Cs sorption properties of the analcime-containing rock type of the Boda Siltstone Formation. – *Central European Geology* **53/1**, 67–78.
- VARGA A., RAUCSIK B., SZAKMÁNY Gy. & MÁTHÉ Z. 2006: A Bodai Aleurolit Formáció törmelékes kőzettípusainak ásványtani, kőzettani és geokémiai jellemzői. – *Földtani Közlöny* **136/2**, 201–232.
- WARREN, J. K. 2006: Evaporites: sediments, resources and hydrocarbons, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1035 p.
- WARREN, J. K. 2010: Evaporites through time: Tectonic, climatic and eustatic controls in marine and nonmarine deposits. – *Earth-Science Reviews* **98**, 217–268.

Ábrajegyzék

1. ábra. A Nyugat-Mecsek egyszerűsített földtani térképe a BAF telephely jellemzési programja térképeinek felhasználásával (in MÁTHÉ 1998; VARGA et al. 2006 alapján).
Jelmagyarázat: 1: Cserdi Konglomerátum Formáció; 2: Bodai Agyagkő Formáció; 3: Kővágószőlősi Homokkő Formáció; 4: triász törmelékes kőzetek; 5: triász karbonátok és evaporitok; 6: felső-triász homokkő; 7: alsó-kréta magmatit; 8: miocén üledékes képződmények; 9: pannóniai képződmények; 10: negyedidőszaki képződmények; 11: szerkezeti elemek általában, vető, feltolódás; 12: út, vasút; 13: mélyfúrás; 14: felhagyott bánya; 15: település



2. ábra. Kősó utáni pszeudomorfózák a Bodai Agyagkőből (BAT-4 fúrás). A) A laza üledékben keletkezett, kiszorításos halitkristályok („hopper” halit) utáni karbonát pszeudomorfózák, valamint egy kristályaggregátum (középen). BAT-4 1132,6 m, 1N; B) A kristályaggregátum részlete: kősó vázkristály a gyors növekedésre utaló pagoda alakú sarkokkal, 1N; C) Agyagos–hematitos alpanyaggal kitöltött korai diagenetikus visszaoldódási üregek (nyíl), 1N; D) Korai diagenetikus páttal helyettesített, illetve a visszaoldódást követően albitcementtel kitöltött pszeudomorfózák, +N; E) Karbonáttal helyettesített kősó vázkristály keresztmetszete a sarkokon jól felismerhető pagodaszerű morfológiával, 1N; F) Kissé deformált, kősó utáni karbonát pszeudomorfóza, BAT-4 1080,8 m, 1N. A korábbi leírásokban ezeket többnyire homorú határoló-felületekkel jellemezhető, kalcittal, illetve dolomittal (és/vagy albittal) kitöltött üregekként dokumentálták



3. ábra. A kőso vázkristályok morfológiája és jellemző mikroszkópi metszetei WARREN (2006) nyomán

